

Beschichtung für ein Schneidwerkzeug sowie Herstellungsverfahren

- 30 Die Erfindung betrifft eine insbesondere für ein Schneidwerkzeug geeignete Beschichtung, ein mit einer solchen Beschichtung versehenes Schneidwerkzeug sowie ein Herstellungsverfahren zur Erzeugung der betreffenden Beschichtung.
- 35 Schneidwerkzeuge werden zur Erhöhung der Zerspanungsleistung, der Standzeit oder aus anderen Gründen regelmäßig mit Beschichtungen versehen, die die jeweils gewünschten Eigenschaften realisieren. Beispielsweise ist aus der DE 100 48 899 A1 ein Schneidwerkzeug in Form einer Schneidplatte bekannt,
- 40 das eine verschleißmindernde Beschichtung aufweist.

Diese ist beispielsweise durch eine Al_2O_3 -Schicht gebildet. Die verschleißmindernde Beschichtung erstreckt sich sowohl über Spanflächen als auch über Freiflächen des Schneidwerkzeugs. An den Freiflächen ist eine Indikatorbeschichtung, 5 beispielsweise in Form einer Deckschicht angebracht, deren Farbe sich von der Farbe der Verschleißschuttschicht deutlich unterscheidet. An der Freifläche eintretender Abtrag der Dekorschicht ist somit ein untrüglicher Indikator für eine erfolgte Benutzung der betreffenden benachbarten Schneidkante. 10 Die Schichten werden im CVD-Verfahren ganzflächig erzeugt während die Dekorschicht von den Spanflächen abgetragen wird. Dazu können geeignete Bürstverfahren oder ähnliches dienen. Beim mechanischen Entfernen der Dekorschicht von den Spanflächen muss darauf geachtet werden, eine gute Selektivität zu 15 erreichen. Beschädigungen der Verschleißschuttschicht können nicht hingenommen werden.

Schneidplatten die im PVD-Verfahren hergestellt werden weisen in der Regel als Verschleißschuttschicht eine metallische Hartstoffschicht, wie beispielsweise eine TiAlN -Schicht 20 auf. Eine solche Schneidplatte ist beispielsweise aus der DE 199 24 422 C2 bekannt. Auf einer solchen Verschleißschuttschicht aufgebraachte Deckschichten, wie beispielsweise TiB_2 -Schichten oder dergleichen weisen, wie die Verschleißschuttschicht, eine metallisch-kristalline Struktur auf. Die Haftung 25 zwischen solchen Deckschichten und der Verschleißschuttschicht ist hoch. Die tribologischen Eigenschaften der Deckschichten müssen deshalb, wenn sie als Dekorschichten verwendet werden, berücksichtigt werden. Sie eignen sich auch nicht 30 als Verschleißindikator.

Durch die feste Haftung der Schichten aneinander muss die Deckschicht hinsichtlich der Verschleißbeanspruchung hinsichtlich ihrer Reibeigenschaften und hinsichtlich sonstiger,

sich bei der Metallzerspanung auswirkender, Eigenschaften abgestimmte Eigenschaften aufweisen.

5 Davon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, eine zur Herstellung im PVD-Verfahren geeignete Beschichtung anzugeben, deren Deckschicht sich als Verschleißindikator eignet.

10 Die erfindungsgemäße Beschichtung enthält als Verschleißschuttschicht eine metallische Hartstoffschicht, die nach außen hin von einer reduziert haftenden oder durch eine Trennschicht in ihrer Haftung zur Verschleißschuttschicht eingeschränkte Deckschicht abgedeckt ist. Die Deckschicht nimmt dabei nur einen Teil der Fläche der metallischen Hartstoffschicht ein, d.h. Teile derselben sind freigelegt. Zwischen der Deckschicht und der metallischen Hartstoffschicht ist eine Trennschicht angeordnet, die den metallisch-kristallinen Verbund zwischen der Deckschicht und der Verschleißschuttschicht unterbricht oder schwächt. Es handelt sich um eine haftungsstörende oder -mindernde Schicht, die die
15 20 metallisch-kristalline Struktur der sonstigen Schichten unterbricht oder zumindest stört.

Die Trennschicht vermindert die Haftung der Deckschicht auf der metallischen Hartstoffschicht, die als Verschleißschuttschicht dient, auf ein geringes Maß. Die Haftung ist
25 vorzugsweise so gering, dass die selbst oder eine darüber lagernde Schicht abgetragen wird, sobald das Schneidwerkzeug bestimmungsgemäß eingesetzt wird und einen Zerspanungsvorgang durchführt. Der Abtrag kann je nach Einsatz vollflächig oder
30 lokal sein. Die Deckschicht kann somit relativ leicht abgetragen werden. Dies ermöglicht zum einen, die Deckschicht als Dekorschicht rein nach ästhetischen Gesichtspunkten auszulegen, wobei die tribologischen Eigenschaften sowie die Verschleißseigenschaften keine Rolle spielen. Sie wird beim Ein-

satz des Schneidwerkzeugs alsbald abgetragen. Somit eröffnet sich auch die Möglichkeit des Einsatzes der Deckschicht als Verschleißindikationsschicht. Dies gilt insbesondere wenn sich die als Verschleißschuttschicht dienende metallische
5 Hartstoffschicht und die Deckschicht farblich deutlich unterscheiden.

Die Beschichtung des Schneidwerkzeugs weist somit eine Verschleißschuttschicht mit einer metallisch-kristallinen
10 Struktur, eine Deckschicht mit eingeschränkter Haftung zu der Verschleißschuttschicht und/oder eine Trennschicht auf, die wenigstens auf einen Abschnitt der Verschleißschuttschicht aufgebracht und zwischen der Verschleißschuttschicht und der Deckschicht angeordnet ist und die die Haftung der Deck-
15 schicht auf der Verschleißschuttschicht einschränkt. Unter einer Schicht mit metallisch-kristalliner Struktur wird hier eine Schicht verstanden, die eine vorwiegend metallische Bindung aufweist, wie es z.B. bei TiAlCN-Schichten, AlCrN-Schichten oder TiC-Schichten oder ähnlichem der Fall ist.

20

Die Verschleißschuttschicht ist vorzugsweise eine im PVD-Verfahren erzeugte Schicht, wobei auch die Trennschicht und die Deckschicht im PVD-Verfahren erzeugt werden. Dies ermöglicht die Herstellung der Beschichtung in einem einzigen
25 PVD-Beschichtungsvorgang, wobei die Deckschicht vorzugsweise einschließlich der Trennschicht in einem mechanischen Nachbearbeitungsvorgang abgetragen werden. Die Nachbearbeitung kann durch Bürsten, Sandstrahlen oder ähnliches erfolgen. Es werden durch die Wirkung der Trennschicht Abtragezeiten von
30 wenigen Sekunden angewendet. Beispielsweise werden durch Abstrahlen mit Aluminiumoxid (Edelkorund) bei einem Druck von lediglich einem Bar und einer Strahlzeit von lediglich zwei Sekunden eine so vollständige Abtragung einer TiN-Deckschicht von z.B. 0,2 μm erreicht, dass optisch auch bei zehnfacher

Vergrößerung der Oberfläche keine Reste der Deckschicht mehr zu erkennen sind. Die Verschleißschuttschicht (metallische Hartstoffschicht) wird bei derart kurzer Belastung kaum angegriffen.

5

Die Haftung der Deckschicht ist immerhin ausreichend, um eine sichere Handhabung der Schneidwerkzeuge ohne Beschädigung der Deckschicht zu ermöglichen. Ein erster Einsatz des Schneidwerkzeugs wird aber sofort durch partiellen Abtrag der Deckschicht erkennbar. Die Deckschicht dient in diesem Fall als Einsatzindikator, der beim ersten Einsatz des Werkzeugs anspricht.

Als Deckschicht eignen sich beispielsweise Titan- oder Hafniumnitridschichten sowie oxidische (heteropolare) Schichten wie z.B. TiO_2 . Auch andere Oxide, Carbide oder Nitride von Metallen der vierten oder fünften Nebengruppe sind geeignet. Es werden Deckschichten mit metallisch-kristalliner Struktur bevorzugt. Die Trennschicht hingegen weist z.B. keinen metallisch-kristallinen Aufbau auf. Dies kann erreicht werden, indem als Trennschicht eine Oxidschicht eines Nebengruppenmetalls, vorzugsweise der vierten oder fünften Nebengruppe Anwendung findet. Gute Ergebnisse ergeben dünne Lagen von beispielsweise etwa $0,1 \mu\text{m}$ TiO_2 -Schichten oder andere CN-Schichten, die extrem weich und reibarm sind. Gute Ergebnisse werden auch mit MoS_2 -Schichten oder extrem unstöchiometrischen Schichten erreicht. Beispielsweise können auch extrem verspannte Schichten die Haftung zwischen Deckschicht und Verschleißschuttschicht beschränken. Es können verspannte TiN-Schichten oder auch DLC-Schichten (diamond like carbon) zur Anwendung kommen. Die Auswahl der jeweils geeigneten Trennschicht richtet sich danach, dass sie möglichst ohne Zusatzaufwand in den PVD-Abscheidvorgang zur Herstellung der gesamten Beschichtung integriert werden kann. Die Trenn-

schicht bildet gewissermaßen eine „Sollbruchstelle“ für eventuelle über ihr liegende Schichten.

Die Verschleißschuttschicht (metallische Hartstoffschicht) kann im einfachsten Fall einen einschichtigen Aufbau aufweisen. Bedarfsweise kann auch ein mehrschichtiger Aufbau zur Anwendung kommen.

Die vorgestellte Beschichtung lässt sich im PVD-Verfahren ohne großen Aufwand herstellen, wobei die abgeschiedene Deckschicht nachträglich mechanisch leicht entfernt werden kann. Dadurch wird die Herstellung mehrfarbiger Schneidwerkzeuge auf einfache und rationelle Weise möglich. Unter Schneidwerkzeugen werden hier sowohl vollständige Schneidwerkzeuge, wie Vollhartmetallbohrer, Fräswerkzeuge und dergleichen, wie auch lediglich Schneidplatten, Wendeschneidplatten, Schneideinsätze und dergleichen verstanden.

Weitere vorteilhafte Einzelheiten von Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Zeichnung, der Beschreibung oder von Ansprüchen. In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht. Es zeigen:

Figur 1 ein erfindungsgemäßes Schneidwerkzeug in schematisierter Perspektivdarstellung,

Figur 2 eine ausschnittsweise Schnittdarstellung durch das Schneidwerkzeug nach Figur 1,

Figur 3 ein Schneidwerkzeug nach durchlaufener PVD-Beschichtung in quer geschnittener, nicht maßstäblicher schematischer Darstellung,

Figur 4 das Schneidwerkzeug nach Figur 3 nach dem partiel-

len Abtragen einer Deckschicht und der darunter liegenden Trennschicht in schematisierter Schnittdarstellung und

- 5 Figur 5 einen beispielhaften Spannungsverlauf bezüglich der in den verschiedenen Schichten herrschenden Spannungen des Schneidwerkzeugs als Diagramm.

In Figur 1 ist eine Schneidplatte 1 als Schneidwerkzeug oder zumindest wesentlicher Teil desselben veranschaulicht. Die Schneidplatte 1 weist eine Deckfläche auf, die eine Spanfläche 2 bildet, sowie Seitenflächen, die Freiflächen 3, 4 bilden. Diese Bezeichnung gilt für radialen Einbau der Schneidplatte 1. Bei tangentialem oder lateralem Einbau dienen die Seitenflächen als Spanflächen während die Deckfläche als Freifläche dient. Zwischen der Spanfläche 2 und den Freiflächen 3, 4 sind Schneidkanten 5, 6 ausgebildet.

Die Schneidplatte 1 ist eine Hartmetallschneidplatte. Figur 2 veranschaulicht den Querschnitt derselben ausschnittsweise und in extrem vergrößerter Darstellung. Danach weist die Schneidplatte 1 einen Grundkörper 7 auf, dessen Oberfläche das Substrat für eine an der Schneidplatte 1 vorgesehene Beschichtung 8 bildet. Die Beschichtung 8 ist im PVD-Verfahren aufgebracht. Als innere unmittelbar an das Substrat grenzende Schicht ist eine Verschleißschuttschicht 9 vorgesehen, als metallische Hartstoffschicht MH ausgebildet ist. Eine solche ist beispielsweise eine TiAlN-Schicht (Titanaluminiumnitrit), die metallische Eigenschaften aufweist. Sie haftet fest auf dem Grundkörper 7, der beispielsweise aus einem Hartmetall, wie Wolframcarbid mit Kobalt, besteht. Die Dicke der TiAlN-Schicht kann zweckentsprechend festgelegt werden. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel liegt sie bei etwa 4 μm . Das Verhältnis zwischen Titan und Aluminium liegt bei 33:67.

Auf die Verschleißschuttschicht 9 ist eine Trennschicht 11 aufgebracht, die den metallischen Haftungsverbund zu einer darüber liegenden Deckschicht 12 unterbricht. Die Deckschicht 12 ist vorzugsweise wiederum eine metallisch-kristalline Schicht, wie beispielsweise eine TiN-Schicht. Die Dicke derselben liegt z.B. bei 0,2 μm . In diesem Fall handelt es sich

um eine reine Dekorschicht mit goldgelber Farbe. Diese Farbe ist deutlich von der Farbe der Verschleißschuttschicht 9 unterschieden, die eine andere Farbe aufweist.

5 Die Trennschicht 11 ist beispielsweise eine Titandioxid-
schicht (TiO_2), die relativ dünn gewählt werden kann. Es ge-
nügt beispielsweise eine Dicke von 0,1 μm . Diese Oxidschicht
weist keinen metallischen Charakter auf und limitiert somit
10 die Haftung der Deckschicht 12 an der Verschleißschuttschicht
9. Die angegebene Beschichtung 8 kann in ein und demselben
Reaktionsgefäß einer PVD-Beschichtungsanlage in einem Zuge
hergestellt werden, wobei die Verschleißschuttschicht 9, die
Trennschicht 11 und die Deckschicht 12 nacheinander abge-
schieden werden.

15 Die Trennschicht 11 und die Deckschicht 12 können, wie
oben dargestellt, chemisch und/oder strukturell verschiedene
Schichten sein. Es ist aber auch möglich, sie zu einer Trenn-
und Deckschicht zu vereinigen, deren Besonderheit in der ein-
20 geschränkten Haftung zu der Verschleißschuttschicht 9 be-
steht. Die Trennschicht 11 bildet in diesem Fall zugleich die
Deckschicht.

Die Herstellung erfolgt dabei wie folgt:

25 Der Grundkörper 7 wird in eine entsprechende PVD-Beschichtungsanlage gebracht, in der zunächst die Verschleißschuttschicht 9, danach die Trennschicht 11 und dann die Deckschicht 12 auf dem Grundkörper 7 abgeschieden werden. Die
30 so erzeugte Beschichtung 8 wird zunächst auf allen exponierten Flächen des Grundkörpers 7 erzeugt, d.h. zumindest an der Spanfläche 2 wie auch an den Freiflächen 3, 4. In diesem Zustand wird die Schneidplatte 1 dem PVD-Reaktorgefäß entnommen.

Es werden häufig zweifarbigte Schneidplatten gewünscht, die an ihrer Spanfläche 2 eine andere Farbe aufweisen als an den Freiflächen 3, 4. Zur Erzeugung einer solchen wird die Deckschicht 12 von der entsprechend anders farbig auszulegenden Fläche, in diesem Fall der Spanfläche 2, entfernt. Dies kann mit einem Sandstrahl 14 erfolgen, wie er in Figur 3 angedeutet ist. Als Strahlkörper kann Aluminiumoxid (Edelkorund mesh 320) dienen. In einer kurzen Einwirkzeit von beispielsweise 2 Sekunden werden sowohl die Deckschicht 12 als auch die Trennschicht 11 von der Spanfläche 2 ohne sichtbare Reste entfernt. Dies ist in Figur 4 veranschaulicht. Die genannte TiO_2 -Trennschicht von $0,1 \mu\text{m}$ Dicke weist jedoch eine solche Haftung und Festigkeit auf, dass die Deckschicht 12 an Stellen, die nicht unmittelbar von dem Strahl 14 getroffen werden, unbeschädigt erhalten bleibt.

Die Schneidplatte 1 kann in weiteren Ausführungsformen andere Verschleißschuttschichten 9 und andere Deckschichten 12 aufweisen. Jedoch handelt es sich bei der Verschleißschuttschicht 9 jeweils um eine metallische Hartstoffschicht, die im PVD-Verfahren hergestellt ist. Hartstoffschichten ohne Metallstruktur, wie beispielsweise Al_2O_3 , sind von der metallischen Hartstoffschicht der Verschleißschuttschicht 9 nicht umfasst. Als Deckschicht kann sowohl die angegebene TiN -Schicht als auch jede andere metallische Deckschicht, wie beispielsweise TiC -Schichten, CrN -Schichten, HfN -Schichten und dergleichen Anwendung finden. Als Trennschicht 11 kann jede vorzugsweise nicht metallische Schicht angewendet werden, die die Haftung zwischen der Deckschicht 12 und der Verschleißschuttschicht 9 beschränkt. Über die im vorigen Ausführungsbeispiel genannte TiO_2 -Schicht hinaus, können andere oxidische Schichten angewendet werden, die im PVD abscheidbar sind und keine metallische Bindung aufweisen. Insbesondere können hier Oxide der Metalle der vierten und fünften Neben-

gruppe zur Anwendung kommen. Auch andere, vorwiegend kovalent gebundene, Schichten, wie beispielsweise MCN-Schichten, können Anwendung finden, wobei M für ein beliebiges Metall, vorzugsweise ein Metall der vierten oder fünften Nebengruppe steht. Auch andere kovalent gebundene Schichten, wie MoS₂-Schichten (Molybdändisulfid) oder Kohlenstoffschichten (DLC) können Anwendung finden. Es wird jedoch auch ins Auge gefasst, metallisch gebundene Trennschichten vorzusehen, wie beispielsweise TiN-Schichten. Um bei diesen eine Haftungsbeschränkung zu erzielen, können diese extrem verspannt werden. Verspannung kann beispielsweise durch große Abweichung vom stöchiometrischen Verhältnis erreicht werden. Figur 5 veranschaulicht dazu den Spannungsverlauf in der Verschleißschutzschicht 9, der Trennschicht 11 und der Deckschicht 12 für einen beispielhaften Fall, bei dem eine Haftungsbegrenzung durch eine gegensinnige Verspannung der Trennschicht 11 gegen die Verschleißschutzschicht 9 und die Deckschicht 12 erreicht wird. Die in der Schicht herrschende Spannung ist als Kurve über einer Linie 15 aufgetragen. So betragen die Spannungen in der Verschleißschutzschicht 9, der Trennschicht 11 und der Deckschicht 12 beispielsweise:

Verschleißschutzschicht 9 - bis zu 2 GPa Druckspannung
entstpr. -2 GPa,
25 Trennschicht 11 - ca. 0,8 GPa Zugspannung entspr. 0,8
GPa,
Deckschicht 12 - ca. 1 GPa Druckspannung entspr. -1 GPa.

Vorliegend wird eine Beschichtung insbesondere für
30 Schneidwerkzeuge angegeben, die sich in einem einzigen PVD-Beschichtungsvorgang erzeugen lässt und mit der sich auf einfache Weise zweifarbig Schneidwerkzeuge erzeugen lassen. Zwischen zwei metallischen Hartstoffschichten unterschiedlicher Farbe ist eine Trennschicht 11 angeordnet, die, wie die

anderen Schichten, in dem gleichen PVD-Beschichtungsprozess erzeugt worden ist. Sie gestattet das Abtragen der Deckschicht durch Sandstrahlen, Bürsten oder dergleichen mit sehr kurzen Einwirkzeiten.

5

Patentansprüche:

1. Beschichtung (8), insbesondere für ein Schneidwerkzeug,
5 mit einer metallischen Hartstoffschicht (MH) als Verschleißschuttschicht (9),
mit einer Trennschicht (11), die wenigstens auf einen
Abschnitt der Verschleißschuttschicht (9) aufgebracht
10 ist.
2. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass auf der Trennschicht (11) eine Deckschicht (12)
angeordnet ist, die vorzugsweise eine Dekorschicht ist.
15
3. Beschichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
dass die Deckschicht (12) eine Farbe aufweist, die sich
von der Farbe der Verschleißschuttschicht (9) erkennbar
unterscheidet.
20
4. Beschichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
dass die Deckschicht (12) eine ZrC-, CrC-, ZrN-, CrN-,
TiN-, eine TiC-, eine HfC- oder eine HfN-Schicht ist.
- 25 5. Beschichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
dass die Deckschicht (12) eine metallisch kristalline
Struktur aufweist.
6. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
30 dass die Trennschicht (11) keinen metallisch kristallinen
Aufbau aufweist.
7. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass die Trennschicht (11) eine Oxidschicht mit wenig-

tens einem Metall (M) einer Nebengruppe des chemischen Periodensystems der Elemente ist.

- 5 8. Beschichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Metall (M) ein Element der IV. Nebengruppe, vorzugsweise Titan oder Zirkonium ist.
- 10 9. Beschichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Metall (M) ein Element der V. Nebengruppe ist.
- 10 10. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennschicht (11) eine chemische Verbindung mit vorwiegend kovalenter Bindung enthält oder ist.
- 15 11. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennschicht (11) stark unstöchiometrisch zusammengesetzt ist.
- 20 12. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennschicht (11) eine stark verspannte Schicht ist.
- 25 13. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennschicht (11) eine innere Spannung aufweist, die von der inneren Spannung der Verschleißschuttschicht und der Deckschicht (12) wesentlich abweicht.
- 30 14. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennschicht eine DLC-Schicht ist.
15. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennschicht eine MoS₂-Schicht ist.

16. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschleißschuttschicht (9) eine TiAlN-Schicht oder eine CrAlN-Schicht ist.
- 5 17. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschleißschuttschicht (9) einen einschichtigen Aufbau aufweist.
- 10 18. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschleißschuttschicht (9) einen mehrschichtigen Aufbau aufweist.
19. Schneidwerkzeug
- 15 mit einem Grundkörper (7) aus einem Hartstoff und
- mit einer Beschichtung (8), die auf den Grundkörper (7) aufgebracht ist und deren Aufbau einem der vorhergehenden Ansprüche entspricht.
- 20 20. Schneidwerkzeug nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschleißschuttschicht (9) wenigstens an einer Freifläche (3) und wenigstens an einer Spanfläche (4) vorgesehen ist, wohingegen die Deckschicht (12) die
- 25 Freifläche (3) und/oder die Spanfläche (2) nicht oder nur teilweise bedeckt.
21. Verfahren zur Herstellung eines Schneidwerkzeug, bei dem auf einen Grundkörper (7) in einem PVD-Beschichtungsverfahren zunächst eine Beschichtung mit einer Schichtfolge nach einem der Ansprüche 1 bis 18 aufgebracht wird, wonach die Deckschicht (12) mit einem mechanischen Abtragungsverfahren von ausgewählten Oberflächenbereichen entfernt wird.
- 30

22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht (12) mittels eines Sandstrahlverfahrens entfernt wird.

5

23. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass alle Schichten der Beschichtung (8) in einem einzigen PVD-Prozess aufgebracht werden.

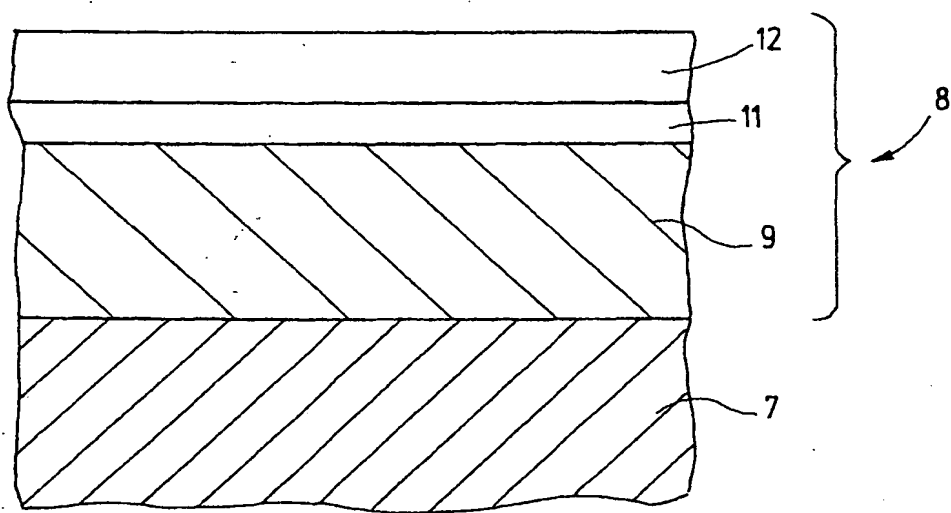
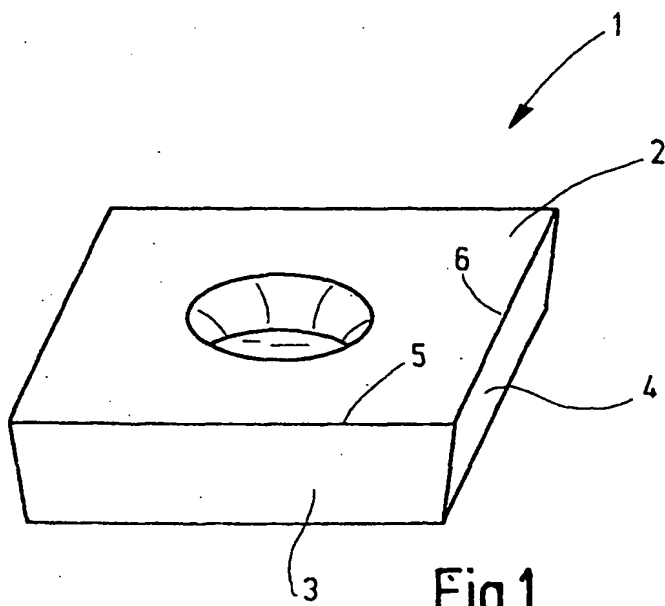


Fig. 2

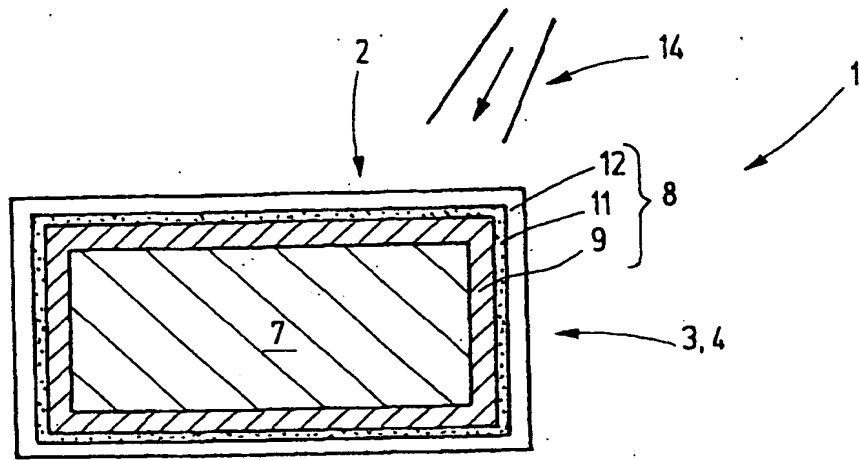


Fig.3

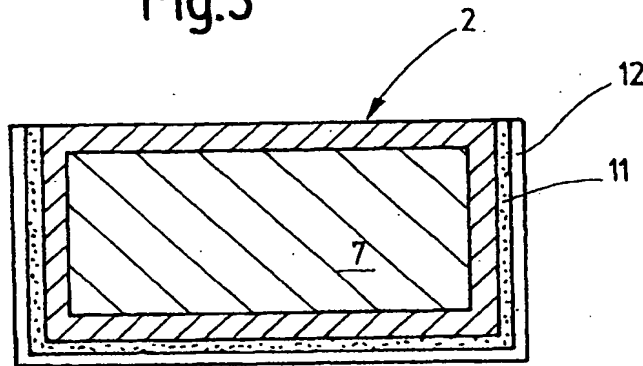


Fig.4

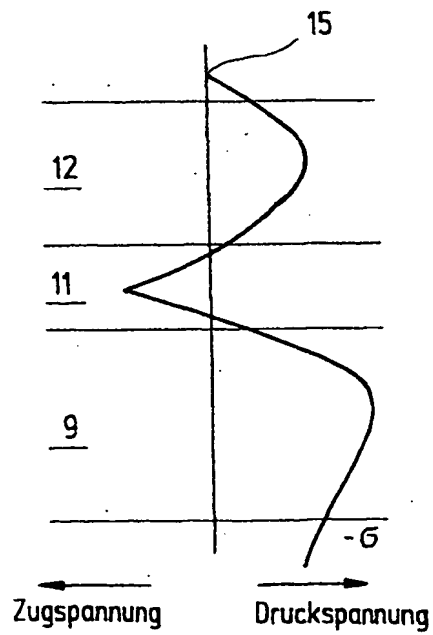


Fig.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/001584

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C23C28/00 C23C4/04 C23C4/06 C23C30/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C23C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 732 423 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD) 18 September 1996 (1996-09-18) abstract	1-13, 17-20
Y	page 3, line 16 - line 58 page 4, line 25 - page 6, line 59 page 8, line 32 - line 57 examples 21-23 claims 1-3, 6-8, 13, 23 ----- -/--	14-16, 21-23

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 July 2005

Date of mailing of the international search report

28/07/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ovejero, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/001584

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/039521 A1 (VOTSCH WOLFGANG ET AL) 4 April 2002 (2002-04-04)	1-6
Y	abstract page 1, paragraph 8 - paragraph 12 page 2, paragraph 21 - paragraph 28 page 3, paragraph 30 - paragraph 31 claims 1-3,6,10 figures 1-3	21-23
X	----- EP 1 195 452 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD) 10 April 2002 (2002-04-10) page 2, paragraph 7 - page 4, paragraph 24 page 5, paragraphs 36,40 table 1 claims 1,-6	1-3
Y	----- EP 1 094 132 A (TOSHIBA TUNGALOY CO., LTD) 25 April 2001 (2001-04-25)	14-16
A	abstract page 2, paragraph 1 - page 3, paragraph 19 table 1 claims 1,3,4,7	1-15, 17-23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/EP2005/001584

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0732423	A	18-09-1996	DE 69521410 D1	26-07-2001
			DE 69521410 T2	04-10-2001
			EP 0732423 A1	18-09-1996
			KR 250587 B1	01-04-2000
			US 5871850 A	16-02-1999
			WO 9610658 A1	11-04-1996
			JP 8158052 A	18-06-1996
			US 6183846 B1	06-02-2001
US 2002039521	A1	04-04-2002	DE 10048899 A1	18-04-2002
			BR 0104339 A	28-05-2002
			CN 1344595 A	17-04-2002
			CZ 20013517 A3	16-04-2003
			EP 1193328 A1	03-04-2002
			JP 2002144108 A	21-05-2002
			MX PA01009932 A	20-08-2003
			PL 349556 A1	08-04-2002
			TW 576769 B	21-02-2004
EP 1195452	A	10-04-2002	JP 3637882 B2	13-04-2005
			JP 2002144110 A	21-05-2002
			CA 2356039 A1	28-02-2002
			CN 1347784 A	08-05-2002
			EP 1195452 A1	10-04-2002
			US 2002045072 A1	18-04-2002
EP 1094132	A	25-04-2001	JP 2000042806 A	15-02-2000
			US 6379798 B1	30-04-2002
			EP 1094132 A1	25-04-2001
			DE 69924610 D1	12-05-2005

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/001584

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 C23C28/00 C23C4/04 C23C4/06 C23C30/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C23C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 732 423 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD) 18. September 1996 (1996-09-18)	1-13, 17-20
Y	Zusammenfassung Seite 3, Zeile 16 - Zeile 58 Seite 4, Zeile 25 - Seite 6, Zeile 59 Seite 8, Zeile 32 - Zeile 57 Beispiele 21-23 Ansprüche 1-3, 6-8, 13, 23 ----- -/--	14-16, 21-23

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Juli 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/07/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ovejero, E

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/039521 A1 (VOTSCH WOLFGANG ET AL) 4. April 2002 (2002-04-04)	1-6
Y	Zusammenfassung Seite 1, Absatz 8 - Absatz 12 Seite 2, Absatz 21 - Absatz 28 Seite 3, Absatz 30 - Absatz 31 Ansprüche 1-3,6,10 Abbildungen 1-3	21-23
X	----- EP 1 195 452 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD) 10. April 2002 (2002-04-10) Seite 2, Absatz 7 - Seite 4, Absatz 24 Seite 5, Absätze 36,40 Tabelle 1 Ansprüche 1,-6	1-3
Y	----- EP 1 094 132 A (TOSHIBA TUNGALOY CO., LTD) 25. April 2001 (2001-04-25)	14-16
A	Zusammenfassung Seite 2, Absatz 1 - Seite 3, Absatz 19 Tabelle 1 Ansprüche 1,3,4,7 -----	1-15, 17-23

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/001584

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0732423	A	18-09-1996	DE	69521410 D1	26-07-2001
			DE	69521410 T2	04-10-2001
			EP	0732423 A1	18-09-1996
			KR	250587 B1	01-04-2000
			US	5871850 A	16-02-1999
			WO	9610658 A1	11-04-1996
			JP	8158052 A	18-06-1996
			US	6183846 B1	06-02-2001
US 2002039521	A1	04-04-2002	DE	10048899 A1	18-04-2002
			BR	0104339 A	28-05-2002
			CN	1344595 A	17-04-2002
			CZ	20013517 A3	16-04-2003
			EP	1193328 A1	03-04-2002
			JP	2002144108 A	21-05-2002
			MX	PA01009932 A	20-08-2003
			PL	349556 A1	08-04-2002
EP 1195452	A	10-04-2002	TW	576769 B	21-02-2004
			JP	3637882 B2	13-04-2005
			JP	2002144110 A	21-05-2002
			CA	2356039 A1	28-02-2002
			CN	1347784 A	08-05-2002
			EP	1195452 A1	10-04-2002
			US	2002045072 A1	18-04-2002
EP 1094132	A	25-04-2001	JP	2000042806 A	15-02-2000
			US	6379798 B1	30-04-2002
			EP	1094132 A1	25-04-2001
			DE	69924610 D1	12-05-2005